

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-004181

(43)Date of publication of application : 14.01.1993

(51)Int.Cl.

B25J 9/16
B25J 9/06
B25J 9/10
B25J 13/00
G05B 19/18
G05B 19/403
G05B 19/415

(21)Application number : 03-151655

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 24.06.1991

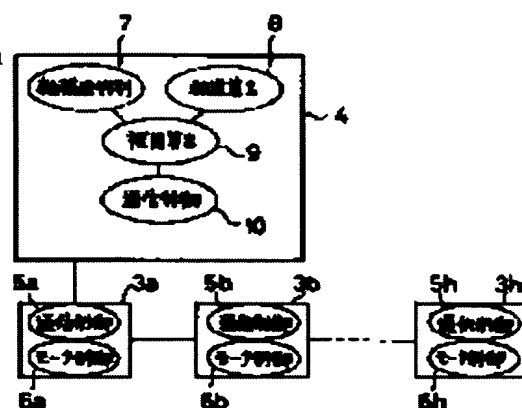
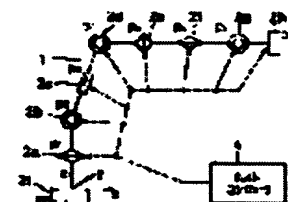
(72)Inventor : GOTO KAZUHISA

(54) ROBOT CONTROL DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To conform the robot control device to a change to any given axial construction by making combination of coordinate transformation matrices on the basis of the data collected by an axis construction discrimination means to calculate each joint angular velocity, etc., of the manipulator for each point of passage.

CONSTITUTION: A manipulator 1 is constructed of connections mad of given arm joint modules 2a, 2b,...2h. Each arm joint module is equipped with a motor for driving its axial shaft and with a controller 3a, 3b,... or 3h for controlling operation. The robot control device has coordinate transformation matrices for various axis-type arm joint modules and makes combination of these matrices on the basis of the constructional data of the manipulator 1 discriminated by an axis construction discrimination means 7 to calculate an amount of change in each joint angle which is necessary for a terminal effector 2h of the manipulator 1 to move up to a next passage point, i.e., a position up to which it is to move by the next sampling time, in regard to each passage point determined by a trajectory calculation function 8 thus to send it to each controller.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 5 - 4 1 8 1

(43) 公開日 平成5年(1993)1月14日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 5 J	9/16	9147- 3 F		
	9/06	A 9147- 3 F		
	9/10	A 9147- 3 F		
	13/00	Z 9147- 3 F		
G 0 5 B	19/18	C 9064- 3 H		
審査請求 未請求 請求項の数 1				(全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平3-151655

(22) 出願日 平成3年(1991)6月24日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 後藤 和久

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

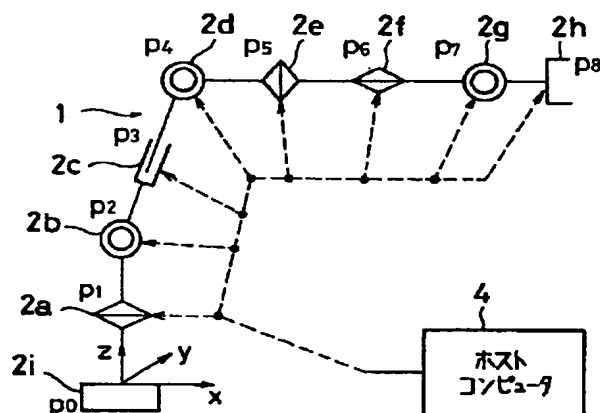
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 ロボット制御装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、任意の軸構成に変更しても容易に対応する制御プログラムを作成できて効率を高めるもの。

【構成】 各種タイプの関節の軸及びこの軸を駆動制御するとともに軸のタイプ等のデータを記憶するコントローラを有する複数のアーム関節モジュールと、これらアーム関節モジュールのうち所望のアーム関節モジュールを連結してなるマニプレータのデータを収集してマニプレータの構成を判別する軸構成判別手段と、マニプレータの各アーム関節モジュールのうち効果器の現在位置から移動目標位置までの各通過点を求める軌道算出手段と、各種軸タイプに対する座標変換行列を有し、軸構成判別手段により収集したデータに基づいて座標変換行列を組み合わせて各通過点ごとのマニプレータの各関節角速度等を算出する補間算出手段とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 各種タイプの関節の軸及びこの軸を駆動制御するとともに前記軸のタイプ等のデータを記憶するコントローラを有する複数のアーム関節モジュールと、これらアーム関節モジュールのうち所望のアーム関節モジュールを連結してなるマニプレータの前記データを収集して前記マニプレータの構成を判別する軸構成判別手段と、前記マニプレータの各アーム関節モジュールのうち効果器の現在位置から移動目標位置までの各通過点を求める軌道算出手段と、前記各種軸タイプに対する座標変換行列を有し、前記軸構成判別手段により収集したデータに基づいて前記座標変換行列を組み合わせて前記各通過点ごとの前記マニプレータの各関節角速度等を算出する補間算出手段とを具備したことを特徴とするロボット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えばマニプレータにおける任意のタイプの軸への変更が可能なロボット制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 ロボット制御ではロボット単体に対して専用の制御プログラムが 1 つ作成される。そして、ロボットの構成、例えばマニプレータの軸を変更すれば、この変更した軸構成のロボットに対して新規な制御プログラムが作成される。又、同一のロボット制御方式を用いてロボットを動作させる場合、ロボットの構成が異なれば、マニプレータの各関節の各速度等を求める補間計算のプログラム内容を変更しなければならない。

【0003】 従って、ロボットの構成が変更するたびにプログラミングを作成し直すには時間的に無駄が生じるとともにコスト高となり、非常に効率が悪い。しかも、ロボットは動作内容に関して汎用性があるものの、目的の作業に対してはその作業に対して特有の構成のロボットを組み立てなければならない。さらにロボットは構成が変更するたびに制御プログラムの内容を変更しなければならない。さらにその面での汎用性及び拡張性がなく非常に効率の悪いものとなっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 以上のようにロボットの構成が変更するたびに制御プログラムの内容を変更しなければならない。さらにその面での汎用性及び拡張性がなく非常に効率が悪い。そこで本発明は、任意の軸構成に変更しても容易に対応する制御プログラムを作成できて効率を高めたロボット制御装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、各種タイプの関節の軸及びこの軸を駆動制御するとともに軸のタイプ等のデータを記憶するコントローラを有する複数のアーム

関節モジュールと、これらアーム関節モジュールのうち所望のアーム関節モジュールを連結してなるマニプレータのデータを収集してマニプレータの構成を判別する軸構成判別手段と、マニプレータの各アーム関節モジュールのうち効果器の現在位置から移動目標位置までの各通過点を求める軌道算出手段と、各種軸タイプに対する座標変換行列を有し、軸構成判別手段により収集したデータに基づいて座標変換行列を組み合わせて各通過点ごとのマニプレータの各関節角速度等を算出する補間算出手段とを備えて上記目的を達成しようとするロボット制御装置である。

【0006】

【作用】 このような手段を備えたことにより、各アーム関節モジュールのうち所望のアーム関節モジュールを連結してなるマニプレータの各コントローラから軸構成判別手段によりデータを収集してマニプレータの構成を判別し、又軌道算出手段によりマニプレータの各アーム関節モジュールのうち効果器の現在位置から移動目標位置までの各通過点を求め、そして補間算出手段により前記データに基づいて座標変換行列を組み合わせて各通過点ごとのマニプレータの各関節角速度等を算出する。

【0007】

【実施例】 以下、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。

【0008】 図 1 はロボット制御装置の構成図である。マニプレータ 1 は任意のアーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h を連結して構成されている。これらアーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h を説明すると、先ずアーム関節モジュール 2 b、2 d、2 g は図 2 に示す回転型「1」のタイプの軸を有し、矢印（イ）方向に回転する。なお、アーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h を示す各図ではアーム関節モジュール 2 b、2 d、2 g の外観図を示すとともにその基本要素記号を添えて示している。次にアーム関節モジュール 2 a、2 e、2 f は図 3 に示す回転型「2」のタイプの軸を有し、矢印（ロ）方向に回転する。次にアーム関節モジュール 2 c は図 4 に示すスライド型のタイプの軸を有し、矢印（ハ）方向にスライド移動する。次にアーム関節モジュール 2 h は図 5 に示す手先効果器であって、矢印（ニ）方向に把持動作する。そして、マニプレータ 1 の元のアーム関節モジュール 2 a はベースモジュール 2 i に接続されている。なお、ベースモジュール 2 i には x y z 座標軸が定義され、かつ各アーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h を連結するとこれらアーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h の関節軸は必ずベースモジュール 2 i の x y z 座標軸のいずれかの軸と一致する構成となっている。

【0009】 これらアーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h はそれぞれ軸を駆動するモータを備えるとともにこれらモータをそれぞれ制御する各コントローラ 3 a、3 b、… 3 h を備えている。これらコントローラ 3 a、

3

3 b、… 3 h は図 6 に示すように通信制御プログラム及びモータ制御プログラムを有し、各コントローラ 3 a、3 b、… 3 h 間及びホストコンピュータ 4 との間でデータ授受を実行する通信制御機能 5 a、5 b、… 5 h 及び受信したデータに基づいてモータを駆動制御するモータ制御機能 6 a、6 b、… 6 h を有している。又、各コントローラ 3 a、3 b、… 3 h には自身の軸のタイプ、つまり図 2 ～図 5 に示す回転型「1」「2」、スライド型、手先効果器や寸法などのデータが登録されている。

【0010】前記ホストコンピュータ 4 は軸構成判別プログラム、軌道算出プログラム、補間算出プログラム及び通信制御プログラムを有し、これらプログラムを実行することにより図 6 に示すように軸構成判別機能 7、軌道算出機能 8、補間算出機能 9 及び通信制御機能 10 を有するものとなる。

【0011】軸構成判別機能 7 は所望のアーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h を連結してなるマニプレータ 1 の各コントローラ 3 a、3 b、… 3 h に登録されているデータを収集してマニプレータ 1 の構成を判別する機能を有している。

【0012】軌道算出機能 8 は、マニプレータ 1 の各アーム関節モジュール 2 a、2 b、… 2 h のうち効果器 2 h の現在位置から移動目標位置までの各通過点をサンプリング時間ごとに求める機能を有している。

【0013】補間算出機能 9 は、各種軸タイプのアーム関節モジュールに対する座標変換行列を有し、軸構成判別機能 7 により判別されたマニプレータ 1 の構成のデータに基づいて座標変換行列を組み合わせて軌道算出機能 8 により求められた各通過点ごとにマニプレータ 1 の手先効果器 2 h が次の通過点つまり次のサンプリング時刻までに移動すべき位置へ移動するために必要な各関節角速度の変化量を算出して前記マニプレータの各コントローラに送る機能を有している。具体的に補間算出機能 9 はマニプレータ 1 の構成に基づいて各種タイプの軸の座標変換行列を組み合わせてヤコビ行列 J を作成する。このヤコビ行列 J は、手先効果器 2 h の速度をベクトル $[dx/dt, dy/dt, dz/dt]$ 、姿勢の変化速度を手先効果器 2 h で定義された座標系まわりの回転角速度をベクトル $[d\phi/dt, d\theta/dt, d\psi/dt]$ 、各関節角速度をベクトル $\theta a, \theta b, \dots \theta h$ とするとき次の関係

【0014】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = J \begin{bmatrix} \dot{\theta}_a \\ \dot{\theta}_b \\ \vdots \\ \dot{\theta}_h \end{bmatrix} \quad \text{---(1)}$$

【0015】0 表したものである。次に補間算出機能 9

4

は、上記ヤコビ行列 J の逆ヤコビ行列 J^{-1} を解いてマニプレータ 1 の手先効果器 2 h の移動速度から関節変化速度を次式から算出する。

【0016】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta}_a \\ \dot{\theta}_b \\ \vdots \\ \dot{\theta}_h \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} \quad \text{---(2)}$$

次に補間算出機能 9 は必要な各関節角速度 $\theta a, \theta b, \dots \theta h$ を各コントローラ 3 a、3 b、… 3 h へ送出する機能を有する。

【0017】ここで、ヤコビ行列 J の作成法について説明する。マニプレータアームの座標系を初期状態において図 10 に示すように定義する。次にマニプレータアームの各関節に対して座標変換行列を設定する。第 i 関節に対応する固有の座標変換行列を T_i とすると、

【0018】

【数 3】

$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & \theta & \theta & m_x(i-1) \\ 0 & C\theta_i & -S\theta_i & m_y(i-1) \\ 0 & S\theta_i & C\theta_i & m_z(i-1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{---(3)}$$

$$T_i = \begin{bmatrix} C\theta_i & 0 & S\theta_i & m_x(i-1) \\ 0 & 1 & 0 & m_y(i-1) \\ -S\theta_i & 0 & C\theta_i & m_z(i-1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{---(4)}$$

$$T_i = \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i & 0 & m_x(i-1) \\ S\theta_i & C\theta_i & 0 & m_y(i-1) \\ 0 & 0 & 1 & m_z(i-1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{---(5)}$$

$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & m_x(i-1) \cdot \theta_i \\ 0 & 1 & 0 & m_y(i-1) \\ 0 & 0 & 1 & m_z(i-1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{---(6)}$$

$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & m_x(i-1) \\ 0 & 1 & 0 & m_y(i-1) \cdot \theta_i \\ 0 & 0 & 1 & m_z(i-1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{---(7)}$$

$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & m_x(i-1) \\ 0 & 1 & 0 & m_y(i-1) \\ 0 & 0 & 1 & m_z(i-1) \cdot \theta_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{---(8)}$$

【0019】となる。これら行列において第(3) 式は x

5

i 軸回りに回転する場合、第(4) 式はy i 軸回りに回転する場合、第(5) 式はz i 軸回りに回転する場合、第(6) 式はx i 軸方向にスライドする場合、第(7) 式はy i 軸方向にスライドする場合、第(8) 式はz i 軸方向にスライドする場合を示している。又、これら式において $c \theta i = \cos \theta i$ 、 $s \theta i = \sin \theta i$ である。

6

*【0020】 θi は回転関節の場合は回転角度、スライド関節の場合は移動量である。 $m x(i)$ 、 $m y(i)$ 、 $m z(i)$ は第i 関節から第(i+1) 関節へ移動するのに必要なx i、y i、z i 軸方向の移動量である。次の式によりヤコビ行列Jを求める。

【0021】

*【数4】

$$J = \begin{bmatrix} {}^0S_1 \times ({}^0P_r - {}^0P_1) & , & {}^0S_2 \times ({}^0P_r - {}^0P_2) & , & \text{----} & , & {}^0S_n \times ({}^0P_r - {}^0P_n) \\ {}^0S_1 & , & {}^0S_2 & , & \text{----} & , & {}^0S_n \end{bmatrix}$$

第i 関節がスライド型のときはヤコビ行列Jのi 列を

【0022】

【数5】

$$\begin{bmatrix} {}^0S_i \\ 0 \end{bmatrix}$$

に代える。

【0023】ここで、ベクトル 0S_i は図11に示すように回転関節の場合はベース座標系x0、y0、z0から見た第i 関節の回転軸方向、図12に示すようにスライド関節の場合はスライド方向の単位ベクトルとする。又、ベクトル 0P_i は図13に示すようにベース座標原点から第i 関節までの位置ベクトルとする。

ベクトル 0S_i 、 0P_i は

$R_i = T_1 T_2 \cdots T_i$

で求められる4×4の行列の要素として求められる。

【0024】

【数6】

$$R_i = \begin{bmatrix} S_{xi} & S_{yi} & S_{zi} & P_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ベクトル S_i はベクトル S_{xi} 、 S_{yi} 、 S_{zi} のうち関節の軸と一致するものとする。

【0025】かかる構成であれば、オペレータにより所望の各アーム関節モジュール2a、2b、…2hが選出されて連結され、これにより図1に示すマニプレータ1が構成されると、ホストコンピュータ4の軸構成判別機能7は各アーム関節モジュール2a、2b、…2hの各コントローラ3a、3b、…3hに登録されている各データを収集する。これらデータは上記の如く軸のタイプ、つまり図2～図5に示す回転型「1」「2」、スライド型、手先効果器等の軸タイプや寸法である。軸構成判別機能7は各データを収集すると、ベースモジュール2iから手先効果器2hに向かって符号p0、p1、…p8を付し、次に軸数n、各軸のタイプ、関節の軸(回

転型の場合は回転軸、スライド型の場合は移動方向の軸)を判別する。次に軸構成判別機能 7 は初期構成のマニプレータ 1 において図 7 に示すように例えば第 k 関節から第 k + 1 関節へ移動するための量 $m_x(i)$ 、 $m_y(i)$ 、 $m_z(i)$ を求める。

【0026】次に軌道算出機能 8 は、図 8 に示すようにマニプレータ 1 の手先効果器 2 h の現在位置 s_0 から移動目標位置 s_n までの各通過点 s_1 、 s_2 、 s_3 …をサンプリング時間ごとに求める。例えば、同図において通過点 s_3 と s_4 の距離 w_1 、 s_4 と s_5 の距離 w_2 はそ

れぞれサンプリング時間内における手先効果器 2 h の移動量を示している。

【0027】次に補間算出機能 9 は図 9 に示す補間算出流れ図に従って補間算出を実行する。すなわち、補間算出機能 9 はステップ f1 において軸構成判別機能 7 で収集した各データを受け、次のステップ f2 において手先効果器 2 h の現在位置 s_0 から移動目標位置 s_n までの各通過点 s_1 、 s_2 、 s_3 …及びその姿勢を受ける。次に補間算出機能 9 はステップ f3 において手先効果器 2 h の現在位置、例えば手先効果器 2 h が移動中であればその時の位置を求める。次に補間算出機能 9 はステップ f4 において軸構成判別機能 7 で収集した各データに基づいて各軸タイプの座標変換行列を組み合わせて式 (1) に示すヤコビ行列 J を作成し、次のステップ f5 において式

(2) に示す逆ヤコビ行列を作成して算出する。次に補間算出機能 9 はステップ f6 において必要な各関節角速度 θ_a 、 θ_b 、… θ_h を求め、次のステップ f7 において各関節角速度 θ_a 、 θ_b 、… θ_h を各コントローラ 3 a、3 b、…3 h へ送出する。なお、これら各関節角速度 θ_a 、 θ_b 、… θ_h は、例えば通過点 s_3 において求められた値であれば、次の通過点 s_4 へ移動するための各角速度となる。しかるに、補間算出機能 9 は各通過点 s_1 、 s_2 、 s_3 …ごとに各関節角速度 θ_a 、 θ_b 、… θ_h を求める。

【0028】このように上記一実施例においては、所望のアーム関節モジュール 2 a、2 b、…2 h を連結してなるマニプレータ 1 の各コントローラ 3 a、3 b、…3 h からデータを収集してマニプレータ 1 の構成を判別し、又マニプレータ 1 の手先効果器 2 h の現在位置 s_0 から移動目標位置 s_n までの各通過点 s_1 、 s_2 、 s_3 …を求め、これら通過点 s_1 、 s_2 、 s_3 …ごとのマニプレータ 1 の各関節角速度等を算出してマニプレータ 1 の各コントローラ 3 a、3 b、…3 h に送るようにしたので、マニプレータを構成するアーム関節モジュールの軸が変更してもこの変更したマニプレータに対する制御

プログラムを新に作成することなしにマニプレータを移動制御できる。これにより、任意の軸のマニプレータを構成でき、しかもそのマニプレータを直ぐに移動制御できる。従って、汎用性及び拡張性を飛躍的に向上できる。

【0029】なお、本発明は上記一実施例に限定されるものでなくその要旨を変更しない範囲で変更してもよい。例えば、アーム関節モジュールは上記一実施例に記載されていないものを使用してもよい。

【0030】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、任意の軸構成に変更しても容易に対応する制御プログラムを作成できて効率を高めたロボット制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るロボット制御装置の一実施例を示す構成図。

【図 2】同装置における回転型「1」のアーム関節モジュールの外観図。

【図 3】同装置における回転型「2」のアーム関節モジュールの外観図。

【図 4】同装置におけるスライド型のアーム関節モジュールの外観図。

【図 5】同装置における手先効果器のアーム関節モジュールの外観図。

【図 6】同装置におけるホストコンピュータ及び各コントローラの機能ブロック図。

【図 7】同装置におけるマニプレータ初期状態における移動量を示す模式図。

【図 8】同装置におけるマニプレータの手先効果器の通過点を示す図。

【図 9】同装置における補間算出流れ図。

【図 10】マニプレータアームの座標系を示す模式図。

【図 11】回転関節におけるベース座標系から見た第 i 関節の回転軸方向を示す図。

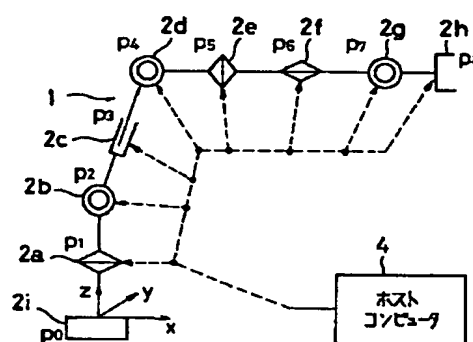
【図 12】スライド関節におけるスライド方向を示す模式図。

【図 13】ベース座標原点から第 i 関節までの位置ベクトルを示す図。

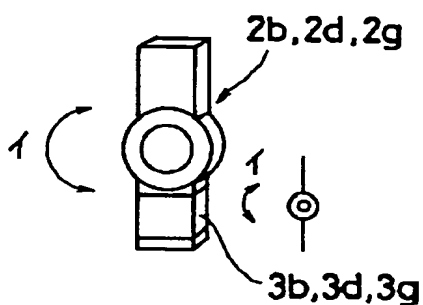
【符号の説明】

1…マニプレータ、2 a～2 h…アーム関節モジュール、3 a～3 h…コントローラ、4…ホストコンピュータ、7…軸構成判別機能、8…軌道算出機能、9…補間算出機能、10…通信制御機能。

【図1】

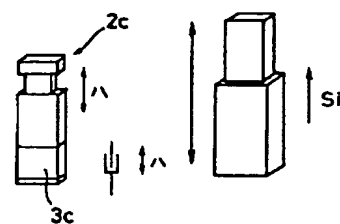


【図2】



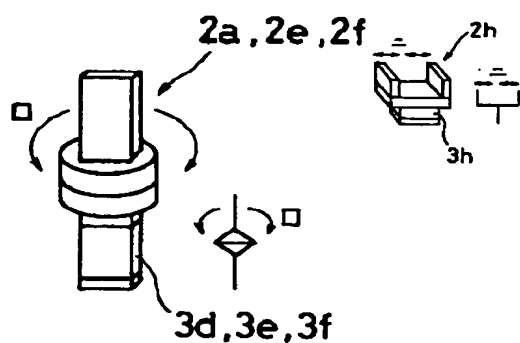
【図4】

【図12】



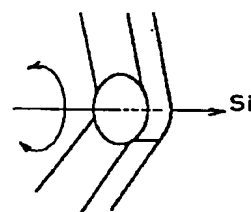
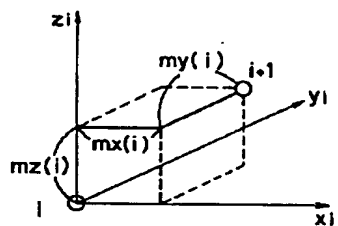
【図3】

【図5】

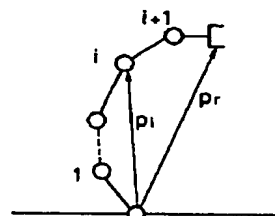


【図7】

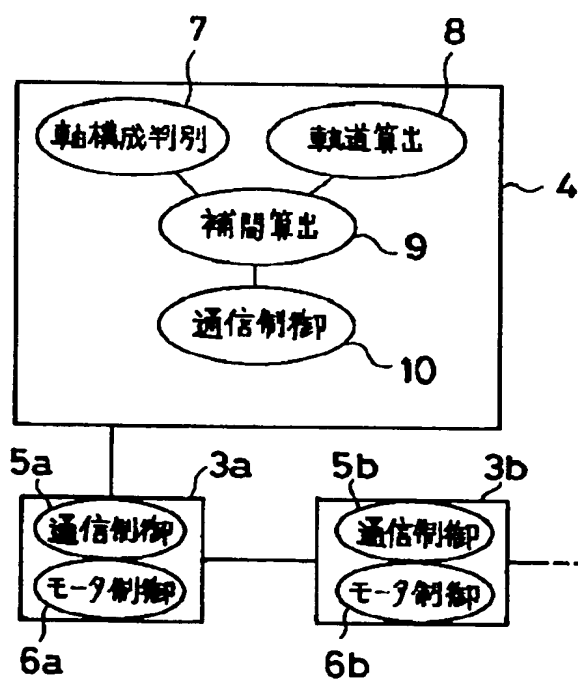
【図11】



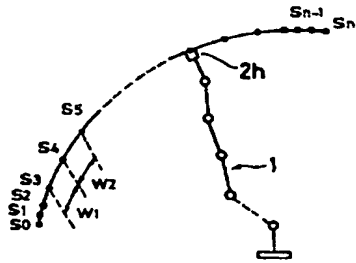
【図13】



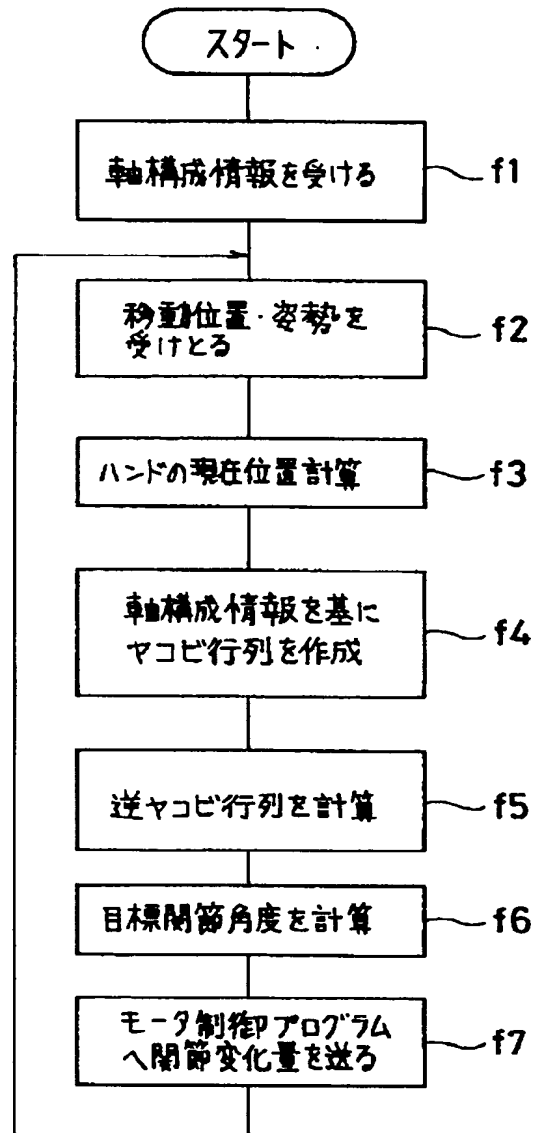
【図6】



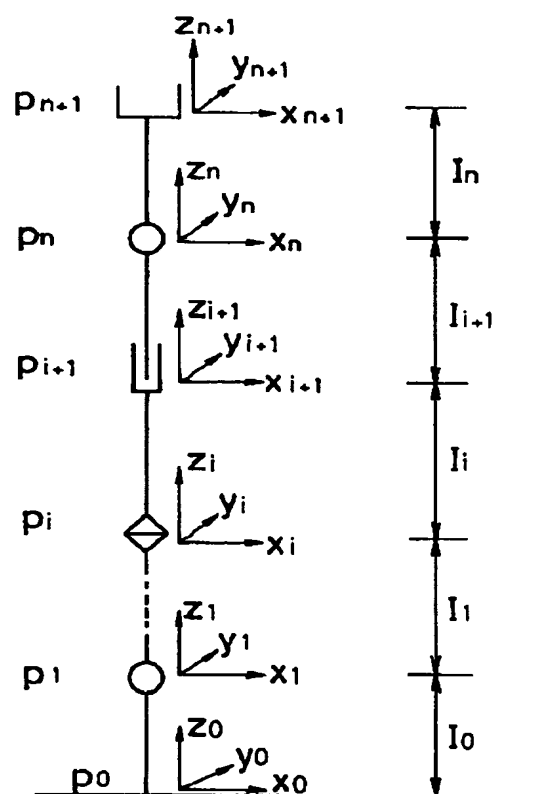
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵

G 0 5 B 19/403
19/415

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

P 9064-3H

Z 9064-3H

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.